

# 短繊維補強ポーラスコンクリートの内部ひび割れに関する実験的研究

東北学院大学工学部 正会員 ○大友 鉄平  
 東北学院大学工学部 フェロー 大塚 浩司  
 東北学院大学工学部 正会員 武田 三弘  
 東北学院大学工学部聴講生(前田製管株式会社)  
 正会員 小山 貴弘

## 1. はじめに

近年ポーラスコンクリート(以下 PoC と記す)は、植生基盤や生物との共生などを目的として利用されており、環境保全型コンクリートとして期待されている。しかしながら、PoC はその構造上、一般のコンクリートに比べて強度や耐久性の低く、きわめて脆性的であることが懸念されている。そこで本研究は、セメントに対してシリカフュームを置換し、同時に短繊維を混入した補強 PoC<sup>1)</sup>を作製し、載荷時におけるひび割れ発生やその伸展の抑制を目的として、PoC の脆性改善に関する実験をおこなったものである。実験は、載荷によって発生した PoC の内部ひび割れを微小焦点 X 線 CT スキャンシステムによって観察および定量的に評価し、普通 PoC と補強 PoC との比較をおこなった。その結果より、シリカフュームの置換や短繊維の混入が PoC の力学的性状の改善に与える効果について検討した。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料および配合

セメントは、早強ポルトランドセメントを使用し、骨材は、粒径の異なる 3 種類(5-10mm: Gmax10mm, 10-15mm: Gmax15mm および 15-20mm: Gmax20mm)を使用して PoC 供試体を作製した。混和材はシリカフュームを使用し、各補強 PoC のセメント量に対して 30%置換した。また繊維は、ポリビニルアルコールで微細な短繊維であり、各補強 PoC に対して混入した。混入率は、0.5, 1.0 および 1.5Vol%とし、PoC の単位容積比に対して設定した。繊維は、練混ぜ前にエアーコンプレッサを用いて分散させた後に使用した。PoC 供試体の種類を表-1 に、PoC の配合を表-2に示す。なお、PoC の施工性を考慮して高性能 AE 減水剤を使用し、添加量をセメント質量比の 1%とした。

### 2.2 載荷実験およびひび割れの測定

載荷実験は、材料試験機を使用し、載荷によって PoC 内部に発生したひび割れ撮影は、微小焦点 X 線 CT スキャンシステムを使用しておこなった(図-1)。載荷は、任意の荷重点(初期, 0.8Pmax, Pmax および 0.3Pmax)に達するまでおこない、その後、微小焦点 X 線 CT スキャンシステムを使用し PoC 供試体を非破壊的に撮影して、PoC 供試体の外観および内部の二次元的、三次元的な観察をおこなった。さらにはその撮影したデータを画像処理して、載荷によって発生したひび割れの個数およびその長さを測定して、普通 PoC と補強 PoC との比較を定量的に評価した。なお、撮影をおこなう際は、載荷によって PoC 供試体の内部に発生したひび割れをより鮮明に表現するために、任意の荷重点に達した時点で PoC 供試体を造影剤に 60 分間浸漬させた後に、撮影をおこなった。また、いずれの供試体においても荷重変位曲線を求め、その結果から普通 PoC と補強 PoC との比較をおこなった。

表-1 供試体の種類

種類 粒径	普通PoC (N・PoC)	補強PoC (S+F・PoC)
5-10mm (Gmax10mm)	N	S+F0.5 S+F1.0 S+F1.5
10-15mm (Gmax15mm)	N	S+F0.5 S+F1.0 S+F1.5
15-20mm (Gmax20mm)	N	S+F0.5 S+F1.0 S+F1.5

表-2 PoC の配合

Gmax (mm)	W/C (%)	P/G (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )			シリカ フューム S (%)	繊維 F (vol%)
			W	C	G		
10	30	30.9	88	294.5	1551	30	0.5, 1.0, 1.5
15		31.2					0.5, 1.0, 1.5
20							

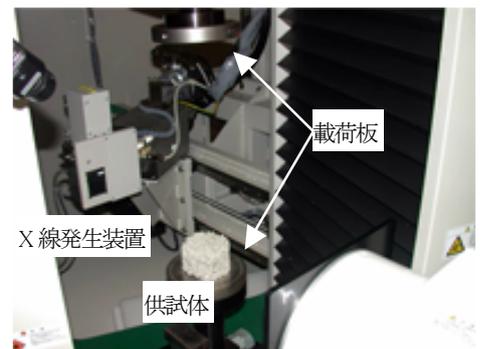


図-1 微小焦点 X 線 CT スキャンシステム

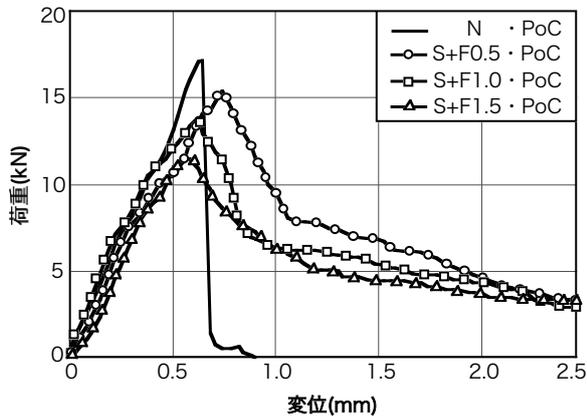


図-2 荷重変位曲線 (Gmax15mm)

### 3. 実験結果および考察

図-2 は、載荷実験より得られた荷重変位曲線の一例であり、骨材粒径 Gmax15mm のデータである。普通 PoC は、Pmax に達した後に荷重が急激に低下し、変位 1mm 程度に達したところで骨材やセメントペーストがはく落して供試体の形状維持が困難な状態となった。一方、補強 PoC では、普通 PoC と同様に Pmax に達した後に荷重の低下が認められるものの、いずれの補強 PoC においても普通 PoC に比べ荷重が緩やかに低下する傾向がみられ、変位 2.5mm を経過しても 0.2～0.3Pmax を維持していた。また、荷重は変位が 5mm を越えても 0 にならないことから、PoC の形状維持の観点からも繊維の混入がきわめて有効な手段であると考えられる。

図-3 および図-4 は、任意の荷重点において微小焦点 X 線 CT スキャンシステムで撮影した普通 PoC と補強 PoC の内部ひび割れ画像とそのトレース図である。画像は、Pmax 時と終局時に撮影したものであり、60 断面の一例である。普通 PoC の Pmax 時におけるひび割れの発生は、骨材とセメントペーストとの界面部分から数多くのひび割れが発生していることが確認できた(図-3)。また、終局時になるとそのひび割れは累積および連結し、それによって骨材がはく離している箇所も多くみられた。

一方、補強 PoC の Pmax 時におけるひび割れの発生は、内部の断面画像をみてもわかるように普通 PoC に比べてきわめて少なく、また、ひび割れ長さおよび個数の定量化からも同様の結果が得られている(図-4)。なお、この現象は、Gmax10mm と Gmax20mm の供試体においても同様の傾向であった。したがって PoC を補強することは、載荷によるひび割れの伸展を抑制する効果が得られると考えられる。また、ひび割れ長さおよび個数の定量化結果より、繊維の混入量が高い補強 PoC ほど、その抑制効果が大きい結果が得られている。したがって繊維による PoC の補強は、ひび割れの橋渡し効果があると考えられる。

### 4. まとめ

- (1) 普通 PoC は、Pmax 以降に急激な破壊が生じるのに対して、補強 PoC では Pmax 以降の急激な破壊が確認できなかった。したがって、補強は PoC の脆性改善に与える効果があると考えられる。
- (2) 載荷によって PoC 内部に発生したひび割れの個数および長さは、いずれの粒径においても普通 PoC に比べて補強 PoC が少なかった。したがって、PoC を補強することによって載荷によるひび割れの伸展を抑制できることがわかった。
- (3) 繊維の混入率が高い PoC は、載荷によるひび割れの伸展を抑制する効果が大きいことがわかった。

#### 【参考文献】

- 1) 大友鉄平・大塚浩司・北辻政文・阿波稔, シリカフェームおよび微細繊維を混入したポーラスコンクリートの耐凍害性と植物の生長, コンクリート工学論文集, Vol.18, No.3, pp.9-22, 2007.9

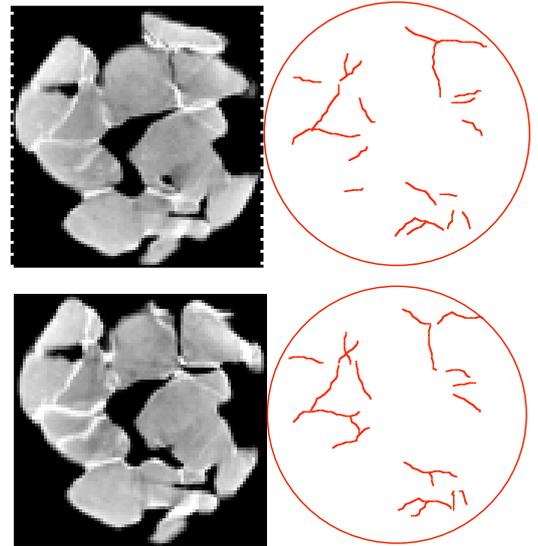


図-3 N・PoC の断面画像とトレース図  
Pmax 時と終局時 (Gmax15mm)

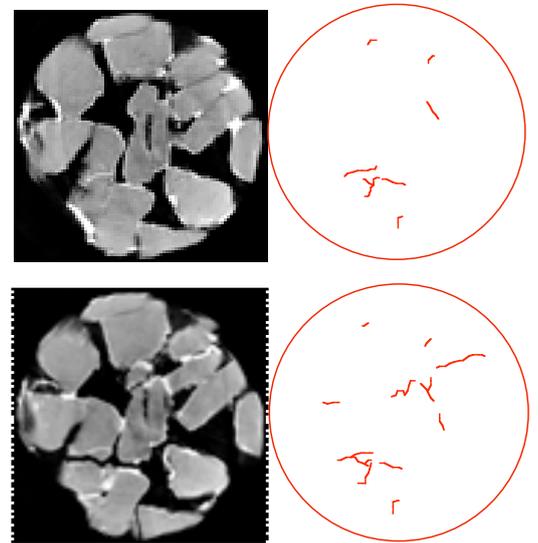


図-4 S+F・PoC の断面画像とトレース図  
Pmax 時と終局時 (Gmax15mm)